

В І Д Г У К
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Федорчука Станіслава Олеговича
«Забезпечення заявлених графіків генерації відновлюваних джерел енергії
на основі концепції віртуальних електричних станцій»,
що подана на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю
05.14.02 – електричні станції, мережі і системи

1. Актуальність обраної теми

На сьогоднішній день характерною рисою розвитку електричних мереж та об'єднаних електроенергетичних систем у світі є широке залучення технологій, що базуються на концепції «розумних» мереж (Smart Grid). Серед основних особливостей даної концепції є застосування розподіленої генерації електричної енергії, у тому числі за рахунок відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). У зв'язку з цим, виникає задача забезпечення заявлених графіків генерації таких джерел. Використовуючи концепцію віртуальних електричних станцій, що поєднують електричні станції на відновлюваних джерелах, активні споживачі та системи акумуляції в єдиний комплекс зі спільною системою управління, можна зменшити небаланси в точці генерації. Це потребує створення методів вибору оптимального компонування систем накопичення, алгоритмів систем керування для віртуальних електричних станцій та розподілених систем акумуляції, а також практичних рекомендацій по їх застосуванню для електричних мереж. Розробка технічних заходів для забезпечення заявлених графіків роботи сонячних (СЕС) та вітрових (ВЕС) електростанцій дозволить інтегрувати їх до графіку генерації в якості базових станцій. Це дасть можливість виконати зобов'язання всіх учасників процесу та не порушувати заплановані режими роботи інших станцій.

Таким чином, дослідження та розробка заходів по забезпеченню заявлених графіків генерації відновлюваних джерел енергії із застосуванням концепцій інтелектуальних мереж та віртуальних електричних станцій є актуальною науково-прикладною задачею, вирішенню якої і присвячена дисертаційна робота здобувача.

2. Структура та обсяг дисертаційної роботи

Дисертація складається з анотації двома мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 198 сторінок, з них 66 рисунків по тексту, 23 таблиці по тексту, списку використаних джерел із 149 найменувань на 18 сторінках, 2 додатків на 5 сторінках.

У першому розділі роботи проведено аналіз науково-технічної інформації про стан та проблеми використання електричних станцій на відновлюваних джерелах енергії в Україні та світі. Проаналізовано існуючі методи забезпечення добових графіків СЕС та ВЕС, основні етапи цього процесу.

У другому розділі дисертаційної роботи виконано аналіз особливостей роботи електричних станцій на відновлюваних джерелах енергії в розподілених та централізованих електричних мережах. В якості системи, що задовольняє вимогам ефективної роботи електричних станцій на ВДЕ у різних типах мереж, а також підтримує концепцію віртуальних електричних станцій, було обрано інтелектуальні мережі. Для переходу до них обрано шаблон Smart Grid Architecture Model. Виконано аналіз діючих та запланованих проєктів з інтелектуальних мереж, а також перспектив їх розвитку до 2035 року.

В третьому розділі автором розглянуто питання оптимізації конфігурації системи акумулювання для забезпечення добових графіків генерації електричних станцій на відновлюваних джерелах енергії, а також питання оцінки вартості балансування. Встановлено, що обмеженнями даної задачі виступають кількість накопиченої енергії та мінімальний рівень заряду в системі акумулювання, обмеження за зміною потужності активних споживачів, наявність обсягу енергії для купівлі або продажу на енергоринку, максимальна пропускна здатність лінії, максимальний рівень потужності обладнання. За умови відсутності реальних даних стосовно роботи СЕС та ВЕС було проведено комп'ютерне моделювання роботи наведених типів електричних станцій у середовищі Simulink програмного пакету Matlab. Це дозволило отримати орієнтовні значення необхідної кількості енергії для систем акумуляції віртуальних електростанцій на основі СЕС та ВЕС.

Було також проведено порівняння вартості 1 кВт·год для ГАЕС, свинцево-кислотних та літій-іонних акумуляторів в семи основних випадках використання (від побутової акумуляції до заміщення пікової генерації). На основі проведених досліджень встановлено, що використання літій-іонних накопичувачів для резервування відновлюваних джерел енергії є конкурентоспроможним напрямком для умов України.

В четвертому розділі було розроблено комп'ютерну модель віртуальної електричної станції та алгоритм управління для неї. Завдяки дослідженню, що було проведено на уточнених моделях, а також міжнародним даним по точності середньодобової генерації, було отримано мінімально необхідний запас енергії та потужність для системи акумуляції. За результатами проведених досліджень показано, що для повної стабілізації добових графіків СЕС необхідно 190 кВт та 1,731 МВт·год, для ВЕС – 251 кВт та 6,018 МВт·год, а сукупне балансування за рахунок неодночасності піків генерації потребуватиме 420 кВт та 6,625 МВт·год.

У п'ятому розділі роботи реалізовано запропонований алгоритм та проведено його апробацію.

Загальні висновки по дисертаційній роботі у повній мірі відображають одержані наукові результати.

У додатках наведено акти впровадження результатів дисертаційної роботи, а також список публікацій здобувача за темою дисертації.

3. Наукова новизна та достовірність отриманих результатів

В дисертаційній роботі отримано ряд нових наукових результатів, які в сукупності є значущими для розв'язання актуального завдання забезпечення заявлених графіків генерації відновлюваних джерел енергії. До основних наукових здобутків дисертації відноситься:

– отримала подальший розвиток математична модель віртуальної електричної станції, яка відрізняється від існуючих тим, що до неї додано елементи для зв'язку з програмованим логічним контролером та, на основі регресійного аналізу, враховано додатковий коефіцієнт співвідношення вхідних погодних умов та результуючої потужності для встановлення відповідності з реальними характеристиками обладнання, що дозволило застосувати апаратно-програмне моделювання, збільшити точність розрахунку вихідної активної потужності сонячної електричної станції;

– отримав подальший розвиток метод розрахунку вартості електричної енергії, яка використовується для забезпечення добових графіків генерації відновлюваних джерел енергії на основі акумуляції в межах однієї віртуальної електричної станції, який відрізняється від відомих врахуванням витрат, пов'язаних з розташуванням, встановленням та роботою додаткового обладнання, що дозволяє підвищити точність виконання розрахунків і підвищити енергоефективність таких систем за рахунок задіяння найбільш доцільних їх елементів;

– науково обґрунтовано використання концепції віртуальних електричних станцій для забезпечення добових графіків генерації сонячних та вітроелектростанцій в умовах енергетичного ринку України, що дозволить забезпечити функціонування механізму Гарантованого покупця з мінімальним застосуванням додаткових маневрових потужностей.

Достовірність отриманих результатів підтверджується коректністю побудованих математичних моделей та прийнятих спрощень, а також шляхом проведення моделювання у середовищі Simulink програмного пакету Matlab.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Федорчука С. О. базується на глибокому

аналізі інформаційних джерел за даною проблемою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, зіставленні і детальному критичному аналізі отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників, у якісному формулюванні отриманих висновків. Теоретичною базою дисертації є системний підхід у проведенні досліджень, який базується на використанні методів розрахунку електричних кіл змінного струму, методів математичної статистики. Для визначення впливу відхилень погодних умов від прогнозних значень на режими роботи електричних станцій на відновлювальних джерелах енергії застосовані методи експериментальних досліджень. Для дослідження похибок отриманих результатів та створення апроксимаційних моделей використано методи математичного моделювання. Для вирішення задачі вибору оптимального компонентування системи акумулювання електричної енергії застосовано метод порівняльного аналізу.

5. Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення одержаних результатів для електроенергетичної галузі полягає в розробленні способів оптимізації режимів роботи електричних станцій на відновлювальних джерелах енергії за допомогою акумуляції енергії.

Встановлено відповідність між діючим та прогнозним значенням потужності у точці генерації. Сформовано графік навантаження для традиційних електричних станцій без необхідності додаткового їх маневрування для компенсацій електростанцій на відновлювальних джерелах енергії. Збільшено точність розрахунків вартості електричної енергії у точці генерації від систем акумулювання. Запропонована методика вибору конфігурації систем акумуляції, яка дозволяє визначити мінімально необхідну ємність накопичувачів енергії та їх потужність, що забезпечить мінімізацію вартості устаткування. Запропоновано алгоритм управління розподіленою системою акумулювання, що дозволяє вирішити задачу розподіленого балансування, а також враховує можливість залучення активних споживачів та енергетичного ринку до процесу балансування.

Матеріали дисертаційної роботи прийняті до використання у ТОВ «ЛЕО» для розрахунку мінімально необхідного об'єму систем накопичення енергії для забезпечення заявлених графіків генерації електричних станцій на ВДЕ, які працюють за «зеленим» тарифом.

Результати дисертації використовуються в навчальному процесі кафедри електричних станцій Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут".

6. Повнота опублікованих основних результатів досліджень та відповідність автореферату змісту дисертаційної роботи

Отримані в дисертації наукові результати та висновки достатньо повно відображено у 13 друкованих працях, з них: 7 – статті у наукових фахових виданнях України, 2 - публікації в міжнародних виданнях, 4 - матеріали конференцій.

В цілому рівень та кількість публікацій та апробація матеріалів дисертації на конференціях відповідають вимогам МОН України.

Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням, результатам і висновкам дисертаційної роботи, дає достатнє уявлення про суть проведених досліджень.

7. Зауваження щодо змісту та оформлення дисертаційної роботи

В дисертації є недоліки:

1. В роботі доцільно було б проаналізувати ефективність використання у складі віртуальної електростанції перспективної технології акумулювання енергії сонячних електростанцій на основі розплавів солей. Прикладом є впровадження в 2014 році поблизу міста Лас-Вегас (США) сонячна електростанція Crescent Dunes загальною потужністю 125 МВт.

2. В роботі в розрахунках об'єму системи акумулювання та її потужності не враховано використання у складі віртуальної електростанції активних споживачів, роль яких у перспективі буде зростати.

3. В розрахунках прийнято незмінний кут нахилу фотопанелей СЕС, а саме - 60° . Доцільно було б передбачити хоча б сезонне регулювання кута нахилу, що дозволило б збільшити кількість отримуваної від СЕС енергії. Представляє зацікавлення також вплив врахування даного фактора на необхідний об'єм системи акумулювання віртуальної електростанції та її потужність.

4. У роботі проведено моделювання вітрової електростанції, що складається зі 100 вітроустановок. При цьому відсутня інформація про прийнятну щільність їх встановлення на території ВЕС, яка впливає на технічні та економічні показники ВЕС та віртуальної електростанції в цілому.

5. З тексту роботи випливає, що в якості температури фотопанелей СЕС прийнята температура оточуючого повітря. Доцільно було б оцінити похибки внаслідок такого спрощення.

6. В розрахунках не враховано фактор деградації фотопанелей СЕС.

7. Розрахунок амортизаційних відрахувань на електроенергетичне обладнання виконано на основі вартісних показників та строку служби конкретних установок, що приводить до зайвого ускладнення розрахункових рівнянь. Доцільно було б використати загальноприйняті відсоткові показники, відображені в існуючих нормативних документах.

8. В роботі присутні недоробки щодо оформлення, описки та помилки,

наприклад:

- на ст. 12 в першому реченні другого абзацу знизу вжито слово «приймає», тоді як правильно було б вжити «має»;
- в роботі присутні рисунки, на яких вжито іншомовні слова без перекладу, наприклад рис. 1.1, 1.3, 1.11;
- на ст. 33 в другому реченні третього абзацу зверху вжито слово «залежить», тоді як правильно було б вжити «залежність»;
- на ст. 39 в третьому реченні першого абзацу зверху «загально прийнята» правильно писати разом;
- на ст. 84 в другому абзаці знизу вжито слово «об'єму», тоді як правильно було б вжити «обсягу»;
- на ст. 155 в другому реченні другого абзацу знизу вжито слово «покупка», тоді як правильно було б вжити «купівля».

8. Висновок

Матеріали дисертації відповідають спеціальності 05.14.02.

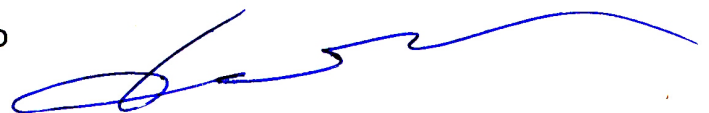
Зазначені зауваження не є принциповими і не знижують якість роботи, вони не порушують основні її положення, не знижують її наукову новизну та практичну цінність, а отже й загальну позитивну оцінку.

Дисертаційна робота Федорчука Станіслава Олеговича «Забезпечення заявлених графіків генерації відновлюваних джерел енергії на основі концепції віртуальних електричних станцій» є актуальною, закінченою, має наукову новизну і практичну цінність, відповідає встановленим вимогам щодо кандидатських дисертацій пунктів 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р. № 656), а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи.

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук, доцент,
Савченко Олександр Анатолійович
доцент кафедри електропостачання
та енергетичного менеджменту

Харківського національного технічного
університету сільського господарства

імені Петра Василенка



О. А. Савченко



Савченко О.О.
ВК

посвідчую
М.С. Варешнікова